

UNIVERSIDAD DE PANAMÁ
VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

**PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON
ÉNFASIS EN PROTECCIÓN VEGETAL**

**“EVALUACIÓN DE CUATRO NEMATICIDAS: DOS SINTÉTICOS,
UNO BOTÁNICO Y OTRO BIOLÓGICO SOBRE LAS POBLACIONES
DE FITONEMATODOS EN EL CULTIVO DE PLÁTANO (MUSA AAB)
EN UNA PARCELA UBICADA EN NUEVO MÉXICO, ALANJE”.**

Hermel B. Espinoza Aparicio
Cédula: 4 – 187 – 146

**TESIS PRESENTADA COMO REQUISITO PARA OBTENER EL
GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS
EN PROTECCIÓN VEGETAL**

DAVID, CHIRIQUÍ
REPÚBLICA DE PANAMÁ

2024

“EVALUACIÓN DE CUATRO NEMATICIDAS: DOS SINTÉTICOS, UNO BOTÁNICO Y OTRO BIOLÓGICO SOBRE LAS POBLACIONES DE FITONEMATODOS EN EL CULTIVO DE PLÁTANO (MUSA AAB) EN UNA PARCELA UBICADA EN NUEVO MÉXICO, ALANJE”.

**TRABAJO DE GRADUACIÓN SOMETIDO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE
MAGISTER EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN PROTECCIÓN
VEGETAL**

VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y POST GRADO

**PERMISO PARA SU PUBLICACIÓN, REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL
DEBE SER OBTENIDA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

APROBADO

PhD. JUAN M. OSORIO

DIRECTOR

MSc. JOSÉ CARLOS URETA

ASESOR

MSc. PEDRO GUERRA

ASESOR

**David, Chiriquí
REPÚBLICA DE PANAMÁ
2024**

DEDICATORIA

A Dios, que me despierta, levanta y sostiene cada día ...

AGRADECIMIENTO

Al Señor Jesús por permitirnos alcanzar esta meta.

A nuestra Madre por sus sacrificios y motivación.

A nuestro hermano Luis por creer en mí y apoyarme.

A los profesores, Dr. Juan M. Osorio, Ing. Pedro Guerra y el Ing. José C. Ureta, que nos guiaron en esta investigación.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE GENERAL.....	v
ÍNDICE DE CUADROS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	xi
Introducción.....	1
Objetivos.....	3
Objetivo General.....	3
Hipótesis.....	4
Hipótesis nula.....	4
Hipótesis alternativa.....	4
I. Revisión de Literatura.....	5
1. Los Fitonematodos en las Musáceas.....	5
2. Los Nematicidas químicos.....	6
2.1. Nematicidas sintéticos utilizados en este estudio.....	7
2.1.1 Vydate 24 SL.....	7
2.1.2 Verango 50 SC.....	8
2.2. Los Nematicidas Botánicos.....	9
2.3. Los Nematicidas Biológicos.....	10

3.	Justificación e Impacto	10
II.	Materiales y Métodos	12
1.	Sitio de la investigación.....	12
2.	Método de Muestreo de Suelo y Raíces.....	14
3.	Laboratorio y Métodos de Extracción de Nematodos	15
3.1.	Tratamientos y Método de Aplicación Utilizados	15
4.	Diseño Experimental.....	17
4.1.	Control de Fitonematodos en Raíces.....	23
III.	Conclusiones y Recomendaciones	33
1.	Conclusiones.....	33
2.	Recomendaciones	34
	Bibliografía.....	35

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Cuadrados medios del análisis de varianza Tipo III del número de nematodos por 100 gramos de raíces de plátano (MUSA AAB).....	23
Cuadro 2. Medias ajustadas por mínimos cuadrados del número de nematodos por 100 gramos de raíces de plátano (MUSA AAB) por Tratamientos.....	24
Cuadro 3. Medias ajustadas por mínimos cuadrados del número de nematodos por 100 gramos de raíz, por día de muestreo en las raíces de plátano (MUSA AAB)..	25
Cuadro 4. Cuadrados medios del análisis de varianza Tipo III del número de nematodos en el suelo en la escala actual y con transformación logarítmica en base 10. .	27
Cuadro 5. Medias actuales y transformadas en logaritmo base 10 ajustadas por mínimos cuadrados por tratamiento del número de nematodos en suelo.	29
Cuadro 6. Medias actuales y transformadas en logaritmo base 10 ajustadas por mínimos cuadrados por días de muestreo del número de nematodos en el suelo.	29

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa general de la ubicación de la finca platanera del estudio.....	12
Figura 2. Mapa satelital de la Finca de la prueba, 17P 308111 931780.....	13
Figura 3. Vista parcial de la plantación de plátano de la prueba, 17P307792 931198.....	13
Figura 4. Sitios de la toma de muestra de suelos y raíces para conteo de fitonematodos ...	14
Figura 5. Bomba de mochila con dosificador para aplicar los nematicidas de la prueba....	16
Figura 6. Equipo de protección personal para aplicar nematicidas	16
Figura 7. Plaguicidas aplicados en el ensayo	17
Figura 8. Distribución de los tratamientos	19
Figura 9. Plantas por repetición, tomando muestras de 2 plantas por subparcela	19

“EVALUACIÓN DE CUATRO NEMATICIDAS: DOS QUÍMICOS, UNO BOTÁNICO Y OTRO BIOLÓGICO SOBRE LAS POBLACIONES DE FITONEMATODOS EN EL CULTIVO DE PLÁTANO (MUSA AAB) EN UNA PARCELA UBICADA EN NUEVO MÉXICO, ALANJE”.

RESUMEN

En muchos cultivos, incluyendo los plátanos, cuando las labores de agrícolas, tales como semillas sanas, buenos drenajes y control de malezas entre otras, no disminuyen de manera eficiente las poblaciones de fitonematodos y sus efectos dañinos en las plantas, la aplicación de nematicidas sintéticos es la táctica más utilizada. No obstante, se aumentan las cosechas de manera extraordinaria, es bien sabido que estos plaguicidas, además de sus altos costos, producen contaminaciones ambientales, afectan la salud de quienes los manipulan y los consumidores, además de la generación de resistencia en las plagas, la eliminación de los controladores biológicos y los efectos negativos en los organismos no plagas, son causa de alarma para los investigadores y el público. Así, una forma de disminuir estos efectos negativos, es el uso de plaguicidas orgánicos naturales, sino de manera permanente, si alternarlos con los plaguicidas sintéticos. En esta investigación, se evaluó el efecto de dos nematicidas orgánicos sintéticos (Vydate 24SL y Verango 50SC), dos orgánico naturales (el botánico NemaKill 32 EC y el biológico Biopaecil 1SC) y un Testigo (sin aplicar), sobre la dinámica poblacional de los nematodos fitófagos en raíces y suelos de una plantación de plátanos. Los datos finales indican que, entre los tratamientos, no hay diferencias significativas en la reducción de la población de los fitonematodos, en las muestras de raíces de las plantas y las muestras de suelos, de las parcelas tratadas con los cuatro nematicidas. Al comparar las poblaciones promedios del testigo versus las poblaciones de los tratamientos se encontraron diferencias altamente significativas.

Palabras claves: Fitófagos, fitonematodos, nematicidas orgánicos sintéticos, nematicidas orgánicos naturales, nematicidas botánicos, nematicidas biológicos

“EVALUATION OF FOUR NEMATICIDES: TWO CHEMICALS, ONE BOTANICAL AND ANOTHER BIOLOGICAL ON THE POPULATIONS OF PHYTONEMATODES AND COLLEMBOLANS IN PLANTAIN CROPS (MUSA AAB) ON A PLOT LOCATED IN NEW MEXICO, ALANJE.”

ABSTRACT

In many crops, including bananas, when agricultural work, such as healthy seeds, good drainage and weed control among others, does not efficiently reduce phytonematode populations and their harmful effects on plants, the application of synthetic nematicidas is the most used tactic. However, harvests are increased in an extraordinary way, it is well known that these pesticides, in addition to their high costs, produce environmental contamination, affect the health of those who handle them and consumers, in addition to generating resistance in pests, Elimination of biological controllers and negative effects on non-pest organisms are cause for alarm for researchers and the public. Thus, one way to reduce these negative effects is to use natural organic pesticides, but permanently, if you alternate them with synthetic pesticides. In this research, the effect of two synthetic organic nematicidas (Vydate 24SL and Verango 50SC), two natural organic nematicidas (the botanical Nemakill 32 EC and the biological Biopaecil 1SC) and a Control (not applied) was evaluated on the population dynamics of the Phytophagous nematodes in roots and soil of a banana plantation. The final data indicate that, between the treatments, there are no significant differences in the reduction of the phytonematode population, in the plant root samples and the soil samples, from the plots treated with the four nematicidas. When comparing the average populations of the control versus the populations of the treatments, highly significant differences were found.

Keywords: Phytophages, phytonematodes, synthetic organic nematicides, natural organic nematicides, botanical nematicides, biological nematicides.

Introducción

El cultivo de plátano en Panamá es un elemento clave en la seguridad alimentaria nacional ya que es la segunda vianda consumida. (Marcelino et al., 2010). Además, da oficio a miles de familias rurales y es fuente de ingresos complementaria para suplir otras necesidades. En Panamá hay más de 10,300 hectáreas sembradas en plátano y cerca de 4,800 productores con una producción de 5.3 millones de cientos de frutos anuales (MIDA, 2019). Por otro lado, la industria bananera con 7400 hectáreas en producción es vital para la economía panameña porque es fuente de 8,000 empleos directos y 30 mil indirectos (De La Lastra, 2019). Durante el año 2019, las exportaciones panameñas de bananos tuvieron un valor de 136.7 millones de dólares correspondiendo al 5,87% de valor de todas las exportaciones nacionales, segundo lugar después de las exportaciones de minerales de cobre y sus concentrados (Datasur, 2020). Se evidencia que ambos rubros agrícolas son de extraordinaria importancia económica y social en Panamá, ya que de sus cosechas dependen la seguridad alimentaria y sustento de miles de personas.

En cuanto a plagas de ambos cultivos, los nematodos parásitos de las plantas son una de las más difíciles de controlar (Chitwood, 2002). Pueden ocasionar daño directo a las raíces y el rizoma del plátano, producen un deficiente desarrollo de las plantas, hojas más pequeñas y en menor número, frutos de bajo peso, además provocan pudrición del sistema radicular y caída de las plantas (Salazar O. et al., 2012) además, tienen la capacidad de sinergizar con otros patógenos e inducir el desarrollo de un complejo patológico. La invasión de nematodos puede aumentar la gravedad de enfermedades fúngicas, bacterianas y puede

romper la resistencia del huésped contra enfermedades (Rahman Khan and Kumas Sharma, 2020).

La aplicación de nematicidas orgánicos sintéticos al suelo es el método de control más utilizado, principalmente cuando las labores agrícolas no eliminan o reducen el problema de los nematodos a un nivel que permita al productor cultivar de manera rentable (Andrés, 2002). Aunque su uso ha contribuido extraordinariamente al aumento de la productividad agrícola se ha determinado que aplicar estos nematicidas conduce a una grave contaminación ambiental (aguas superficiales y subterráneas, aire y suelos) afectando la salud humana y la muerte de organismos no plaga (organismos terrestres y acuáticos y plantas). El uso excesivo de plaguicidas origina problemas ambientales y de salud que han sido motivo de preocupación para los investigadores y el público en los últimos años (Rahman, Biswas, Barman, & Ferdous, 2016).

Otras desventajas que se les señalan a los plaguicidas químicos son las de rápido desarrollo de resistencia en las plagas, eliminación de parasitoides y depredadores y efectos adversos en los organismos no blanco (Laxmishree & Nandita, 2017).

En esta investigación, se plantea el tema de manejar las poblaciones de los fitonematodos utilizando extractos vegetales y producto biológicos para reducir el uso de los plaguicidas químicos y mitigar sus efectos adversos.

Objetivos

Objetivo General

- Evaluar los efectos de dos nematicidas orgánicos sintéticos y dos nematicidas orgánicos naturales sobre la población de los fitonematodos en el cultivo de plátano.

Objetivos Específicos

- Cuantificar las poblaciones de fitonematodos antes y después de los tratamientos incluyendo las parcelas sin tratar.
- Comparar la eficacia de los nematicidas orgánicos sintéticos y los orgánicos naturales entre sí y con respecto al testigo.

Hipótesis

Hipótesis nula

Ho1: Los nematicidas orgánicos naturales, botánicos y biológicos, no tienen similar eficacia a los nematicidas orgánicos sintéticos en el control de los fitonematodos en el cultivo de plátanos.

Ho2: Los nematicidas orgánicos naturales, botánicos y biológicos, y los nematicidas orgánicos sintéticos no son tan eficaces como el testigo, en el control de los fitonematodos en el cultivo de plátanos.

Hipótesis alternativa

Ha1: Los nematicidas naturales, botánicos y biológicos, tienen similar eficacia a los nematicidas sintéticos en el control de los fitonematodos en el cultivo de plátanos.

Ha2: Los nematicidas naturales, botánicos y biológicos, y los nematicidas orgánicos sintéticos son más eficaces que el Testigo en el control de los fitonematodos en el cultivo de plátanos.

I. Revisión de Literatura

1. Los Fitonematodos en las Musáceas

A nivel mundial, en las plantaciones de plátano y banano, luego de los daños foliares causadas por las Sigatoka negra y Sigatoka amarilla (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet y *Mycosphaerella musicola* Leach, respectivamente) los nematodos son las plagas más importantes en reducir las cosechas por las lesiones que ocasionan en las raíces y rizomas (Guzmán Piedrahita, 2011). En estos cultivos, los fitonematodos más destructivos y ampliamente distribuidos son los endoparásitos migratorios *Radopholus similis* Cobb y *Pratylenchus coffeae* Zimmerman y el semiendoparásito *Helicotylenchus multicinctus* Cobb. Luego se encuentran las especies del nematodo endoparásito sedentario *Meloidogyne* spp. y el semiendoparásito sedentario *Rotylenchulus reniformis* (Araya, 1995). Los fitonematodos que afectan el plátano y banano causan daño directo a las raíces y el cormo, ocasionan crecimiento insuficiente de las plantas, hojas más pequeñas y en menor cantidad, frutos de un peso reducido e inducen la caída de las plantas y pudrición del sistema radical (Guzmán Piedrahita, Ó. A.; Castaño Zapata, J., 2004).

En Panamá, los nematodos parásitos de mayor afectación económica en la cultivación de plátanos son *Radopholus similis* Cobb, conocido como nematodo barrenador, y *Helicotylenchus multicinctus*. Además, *R. similis* es el nematodo que generalmente se vincula con los cultivos de plátano y banano. Además, pueden detectarse poblaciones bajas de los géneros *Pratylenchus* y *Meloidogyne* que contribuyen con algún nivel de daño al efecto conjunto de todas las especies de nematodos presentes en las raíces y el suelo. Las consecuencias directas del daño causado por estos fitopatógenos en las cosechas es la

considerable reducción del peso del racimo (baja del rendimiento entre 15 y 25%) y la calidad de las frutas (Marcelino, González, & Rios, 2010).

2. Los Nematicidas químicos

Uno de los grandes retos que enfrenta la agricultura actual es la necesidad de disminuir el uso de nematicidas químicos para reducir el riesgo de residuos en los alimentos, mejorar la seguridad laboral del agricultor y preservar el medio ambiente (Piedra Naranjo, 2008). El uso de nematicidas, aunque muy efectivo, tiene sus limitaciones debido a sus efectos negativos. Pese al uso intenso de nematicidas, no se ha tenido eficacia y en algunos casos, el problema del deterioro del sistema radical ha aumentado, resultando en plantaciones altamente infestadas, las cuales difícilmente pueden recuperarse a un nivel productivo económicamente rentable. Por otra parte, los nematicidas químicos reducen o eliminan las poblaciones de enemigos naturales de fitonematodos presentes en el suelo y relacionados a la rizosfera (Pocasangre E., 2004). Además, advierten sobre los peligros que implican el uso de los nematicidas sintéticos para la salud pública, los organismos no-blanco, el suelo y el agua. Así mismo, la aparición de resistencia en los fitonematodos a los nematicidas lo que eventualmente pudiera resultar en aumentos en la dosis y la frecuencia de aplicación con el agravamiento del problema de contaminación.

En esta investigación se utilizaron los nematicidas químicos Vydate 24 SL y Verango 50 SC ampliamente utilizados por los productores del área como controles de referencia.

2.1. Nematicidas sintéticos utilizados en este estudio.

2.1.1 Vydate 24 SL.

Su ingrediente activo, el Oxamyl es un plaguicida del grupo químico carbamato. Es altamente soluble en agua, tiene una baja volatilidad y puede tener la capacidad de lixiviarse a las aguas subterráneas. Muy móvil y por lo tanto no persistente, así no se espera que sea persistente en sistemas de suelo o agua. Si es un posible contaminante del agua potable. Demuestra un nivel de toxicidad de moderado a alto para la mayor parte de la biodiversidad. Para los mamíferos es altamente tóxico, un disruptor endocrino, inhibidor de la acetilcolinesterasa, neurotóxico e irritante de la piel. No es fácilmente biodegradable. Se desconoce que no sea carcinógeno, que no tenga efectos de reproducción y desarrollo, que no sea sensibilizante cutáneo y que no sea fototóxico. Descripción, no comercial tomada de la Base de Datos de Propiedades de Plaguicidas (Lewis, Tzilivakis, Warner, & Green, 2017), PPDB por sus siglas en inglés.

La empresa Duwest, que distribuye o comercializa el Vydate 24 SL, en la ficha técnica de este plaguicida, indica que es una insecticida, nematicida. En cuanto a sus riesgos para la salud, puede ser mortal si se ingiere o se inhala y puede causar daños a los ojos y a la piel por exposición.

El contacto con la piel, el contacto ocular, la inhalación o ingestión del Oxamyl pueden causar una depresión aguda de la colinesterasa caracterizada por debilidad, náuseas, dolor de cabeza, cólicos abdominales, sudoración excesiva, salivación, lagrimeo, pupilas contraídas, visión borrosa, movimientos musculares y confusión. Exposiciones altas pueden llevar a la pérdida de conciencia, convulsiones, o depresión respiratoria severa.

Se recomienda no almacenar este producto en casas de habitación, mantenerlos bajo llave fuera del alcance de los niños, personas con discapacidad mental, animales, alimentos y medicamentos. No transportar ni almacenar este producto con alimentos, forrajes, medicamentos, ropa y utensilios de uso doméstico y pecuario en general. Tanto en el transporte como en el almacenamiento procure que no esté el producto con ningún tipo de herbicida. Almacenar bajo llave, en un lugar fresco y seco; alejado del calor. Los residuos sin usar deben guardarse en su envase original debidamente cerrado y procurando que su etiqueta se encuentre bien adherida. El personal que manipule este producto deberá usar equipo de protección personal: botas de hule, mascarilla, anteojos, guantes de hule, sombrero, dosificador y aplicador. Después de terminar la aplicación es necesario lavar el equipo de aplicación y disponer del agua de lavado según la legislación local.

Vydate 24 SL es un insecticida - nematicida sistémico y de contacto recomendado en cultivos de varios frutales, hortalizas y tabaco. Cuando es absorbido por las raíces y el follaje, se transloca en forma ambímovil (floema-xilema) a los puntos de mayor actividad meristemática. Calibrar correctamente su equipo de aplicación inicialmente sólo con agua y verificar que el mismo se encuentre en buen estado de funcionamiento y sin fugas (Duwest, 2010)

2.1.2 Verango 50 SC.

Es de la familia química de las benzamides. Fungicida piridina, su ingrediente activo, el Fluopyram, fungicida de amplio espectro para su uso como aplicación foliar y como tratamiento de semillas para el control de diversas enfermedades. También tiene actividad nematicida (Lewis, Tzilivakis, Warner, & Green, 2017). El Fluopyram es un nuevo

nematicida que ha sido registrado recientemente bajo varios nombres comerciales. Primero se descubrió y registró como fungicida, pero recientemente se ha registrado como nematicida. Fluopyram tiene efecto sobre la movilidad de nematodos (Khalil & Selim, 2021).

Según la casa BAYER (Agro Bayer de Costa Rica, 2021) VERANGO® 50 SC es un producto de baja toxicidad. Seguro para el aplicador y medio ambiente, excelente nematicida para el control de nematodos para el cultivo de banano y plátano. Eficacia de larga duración a una baja dosis. Primer nematicida de banda verde en el mercado.

2.2. Los Nematicidas Botánicos

Por los inconvenientes de los nematicidas químicos se hace necesario evaluar otras alternativas que permitan un buen control de las poblaciones de nematodos fitoparásitos, que sean amigables con el medio ambiente y rentables para el agricultor (Salazar O., Arroyave H., & Aristizábal L., 2012) Los plaguicidas botánicos son una de las alternativas a los plaguicidas convencionales en el manejo de plagas agrícolas. Los plaguicidas botánicos en general, son más seguros para los seres humanos y el medio ambiente que los plaguicidas químicos convencionales (Laxmishree & Nandita, 2017). El aceite del árbol de canela (*Cinnamomum verum*) mostró una mortalidad del 100% contra el nematodo (*Bursaphelenchus xylophilus*) de la madera de pino. Además, el aceite de canela contribuyó a la baja formación de agallas en las raíces. Se puede inferir que la estructura de las raíces de las plantas se refuerza con el aceite de canela, lo que conduce a una baja penetración de los nematodos noduladores de la raíz en las raíces de la planta huésped (Kim, 2016). En esta investigación se evaluó el nematicida orgánico natural botánico de nombre comercial NemaKill (aceite de Canela 32%, aceite de Clavo 8% y aceite de Tomillo 15%).

2.3. Los Nematicidas Biológicos

Otra opción a los nematicidas químicos es el biocontrol basado en los organismos depredadores que son enemigos naturales de los nematodos fitoparásitos y que reducen sus poblaciones (Andrés M. , 2002). Las ventajas del control biológico son obvias, menor costo, no hay resistencias, bien manejados, no hay efecto negativo para los trabajadores en el campo, actúa de manera permanente en una biodiversidad, y los productos agrícolas son de primera calidad porque no tienen residuos químicos (Duarte Cueva, 2012) El hongo *Paecilomyces lilacinus* es reconocido por ser un eficiente controlador biológico que parasita varios nematodos que son plagas de distintos cultivos. Una de las especies de hongos más estudiadas por diferentes investigadores en el control de *Meloidogyne* spp., es *Paecilomyces lilacinus*, el cual parasita huevos, invadiéndolos y después destruyendo sus embriones, evitando así la formación del estado juvenil. También parasita hembras a las cuales les causa la muerte. Se establece en el suelo, crece saprofiticamente, se disemina con bastante rapidez y en corto tiempo llega a ser la especie dominante (Salazar, G., Betancourth, G. y Cartillo, 2011). Considerando lo anterior se utilizó en este ensayo el nematicida orgánico natural biológico de nombre comercial Biopaecil a base del hongo *Paecilomyces lilacinus*.

3. Justificación e Impacto

Los riesgos que implican los nematicidas sintéticos a la salud de los trabajadores y los consumidores, el daño al ambiente y los organismos no plagas plantean la necesidad de reducir su uso, reemplazarlos o al menos alternarlos con otras estrategias de manejo incluyendo el uso de plaguicidas orgánicos naturales.

En el manejo de los fitonematodos, una de las opciones a los plaguicidas químicos son los nematicidas botánicos por su baja toxicidad para las personas, no afectan los insectos benéficos y su baja persistencia en el medio ambiente, por lo que no contaminan el suelo ni las aguas y no se bioacumulan en la cadena trófica. Un ejemplo es el extracto del árbol de canela (*Cinnamomum verum*) que tiene propiedades nematicidas y que, ya es utilizado como tal.

Otra alternativa a los nematicidas sintéticos es el control biológico utilizando enemigos naturales de los nematodos fitoparásitos. Las ventajas del biocontrol son su menor costo, no se genera resistencia, bajo riesgo para los humanos y pueden actuar de manera permanente en el suelo. Entre los enemigos naturales de los fitonematodos están los hongos nematófagos que tienen la capacidad de atrapar y digerir alguna de sus formas de vida. El hongo *Paecilomyces lilacinus* es un buen controlador biológico que parasita los huevos, ataca y mata las hembras de *Meloidogyne* spp. nematodo plaga de muchos cultivos incluyendo el plátano y los bananos.

Por lo anterior, se justifica la necesidad de investigar y evaluar otros productos de origen orgánico que permitan un buen manejo de las poblaciones de nematodos fitoparásitos del cultivo de plátano, amigables con el medio ambiente y rentables para el agricultor. En esta investigación se evaluó la eficacia biológica de cuatro nematicidas (dos nematicidas químicos, un nematicida botánico y un nematicida biológico).

II. Materiales y Métodos

1. Sitio de la investigación

El estudio se llevó a cabo en la Finca San Isidro ubicada en la comunidad de Nuevo México, corregimiento de Divalá, Distrito de Alanje en la provincia de Chiriquí (Figura 1), con plátano (AAB) de la variedad Curaré Enano,

Figura 1. Mapa general de la ubicación de la finca platanera del estudio

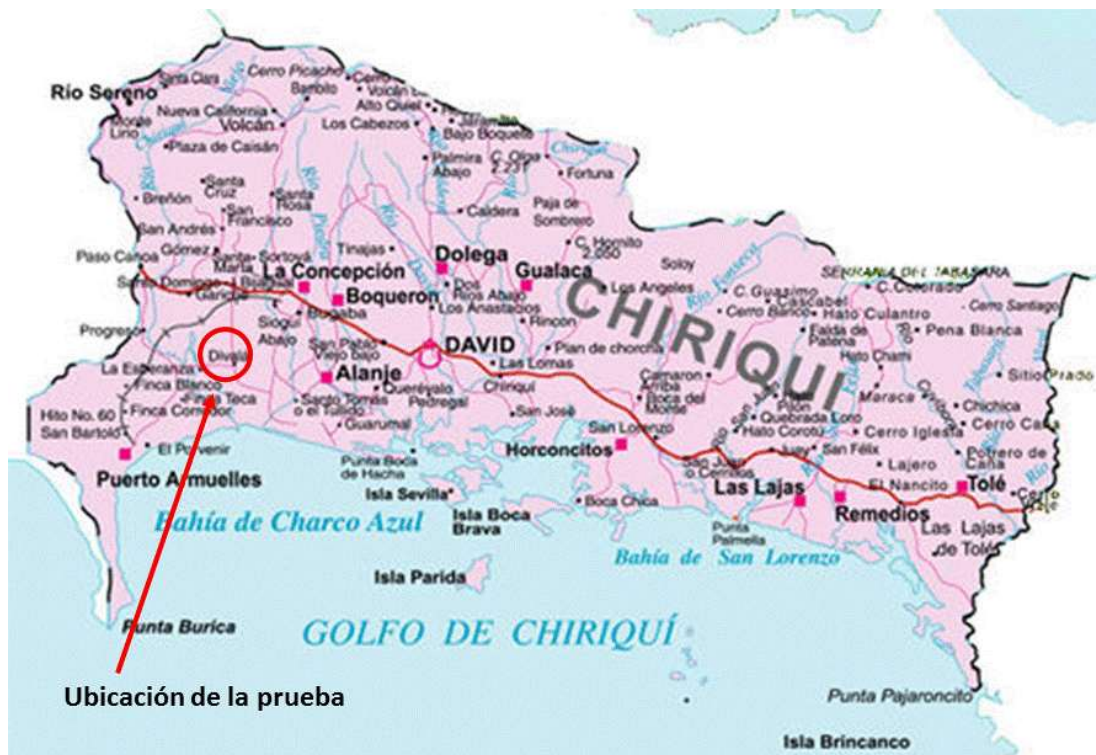


Figura 2. Mapa satelital de la Finca de la prueba, 17P 308111 931780

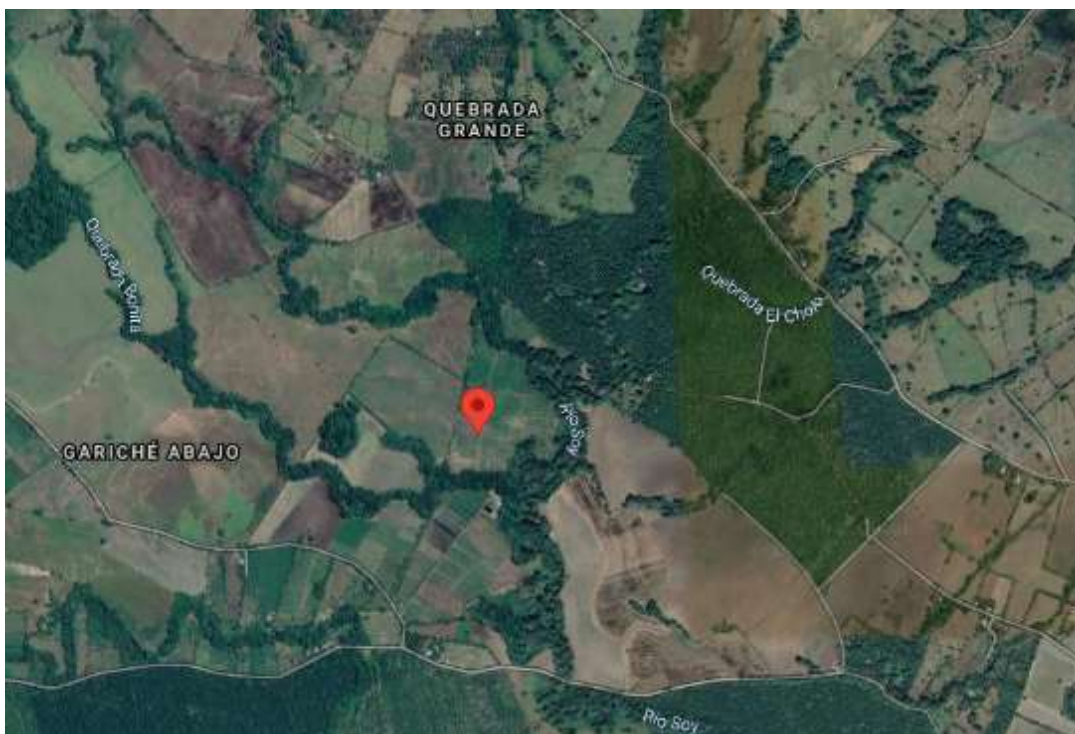


Figura 3. Vista parcial de la plantación de plátano de la prueba, 17P307792 931198



El lote de estudio, en inspección visual, mostraba plantas con racimos y frutos pequeños, plantas desraizadas con lesiones en las raíces y cormos típicas del ataque de nematodos

2. Método de Muestreo de Suelo y Raíces

La toma de muestra de suelos y raíces se basó en el método de la Corporación Bananera Nacional de Costa Rica (CORBANA, 2016).

Figura 4. *Sitios de la toma de muestra de suelos y raíces para conteo de fitonematodos*



3. Laboratorio y Métodos de Extracción de Nematodos

La extracción de nematodos se realizó en los laboratorios de Sanidad Vegetal del Ministerio de Desarrollo Agropecuario ubicadas en el corregimiento Chiriquí, provincia de Chiriquí empleando el método de centrifugación y flotación en azúcar (Torrado Jaime & Castaño Zapata, 2009).

3.1. Tratamientos y Método de Aplicación Utilizados

Los nematicidas orgánicos sintéticos aplicados en el ensayo fueron los utilizados por los productores de plátanos en la zona de estudio, el Vydate 24 SL (i.a, Oxamyl), insecticida-nematicida de la familia química de los carbamatos, de acción sistémica y de contacto, que por su alta toxicidad pertenece al grupo Ib, banda roja, altamente peligroso, que está en el listado de insumos fitosanitarios restringidos en la República de Panamá. Por otra parte, Verango 50 SC, (i.a Fluopyram 500 gramos por litro de producto comercial) de la familia química de las benzamides, es un fungicida nematicida de acción sistémica, categoría toxicológica IV (banda verde, precaución). Como nematicidas orgánicos naturales se aplicó NemaKill 32 EC, un extracto vegetal (i.a. aceite de canela 32%, aceite de tomillo 15%, aceite de clavo 8%), que actúa por contacto. También se aplicó el nematicida Biopaecil 1SC, que es un producto biológico a base del hongo entomopatógeno *Paecilomyces lilacinus* sp. (1,0% m/v) que infecta nematodos patógenos de diferentes especies. Todos los nematicidas se aplicaron en las dosis y métodos recomendados en las etiquetas y panfletos, aplicados el mismo día, diluidos en agua, con bombas de mochila y la aspersión dirigida al suelo y a la base de la planta frente al hijo de sucesión.

Figura 5. Bomba de mochila con dosificador para aplicar los nematicidas de la prueba



Figura 6. Equipo de protección personal para aplicar nematicidas



Figura 7. Plaguicidas aplicados en el ensayo

T	Nombre comercial	Ingrediente activo	Origen	Clase de plaguicida	Categoría toxicológica OMS	Dosis en ml p. c. por planta
0	Testigo	-	-	-	-	-
1	Vydate 24 SL	Oxamyl 24%	Químico	Insecticida nematocida	I (Altamente peligroso)	8
2	Verango 50 SC	Fluopyram 500 gramos / litro de p.c.	Químico	Nematocida	IV (Precaución)	0.50
3	Nemakill 32 EC	Aceite de canela 32%, aceite de tomillo 15%, aceite de clavo 8%	Botánico	Nematocida	IV (Precaución)	4
4	Biopaecil 1SC	<i>Paecilomyces</i> sp.	Biológico	Nematocida	IV (Precaución)	1.5

p.c. = producto comercial

4. Diseño Experimental

Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con arreglo factorial, con cinco tratamientos y tres repeticiones. Entre los tratamientos, se dispuso de un testigo absoluto T0 (parcelas sin tratar).

En cada repetición se dispuso de dos plantas de los surcos centrales para la extracción de suelo y raíces (submuestras) para conteo de las poblaciones de fitonematodos.

Las poblaciones por género de fitonematodos en suelo y raíces se determinaron previo a la aplicación de los tratamientos y tres veces después de la aplicación de los tratamientos, cada 21 días (día 0, día 21, día 42 y día 63).

El modelo estadístico utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ijklm} = \mu + \tau_i + \delta_j(\tau_i) + \theta_k(\delta_j * \tau_i) + \phi_l + \tau_i * \phi_l + \varepsilon_{ijklm}$$

Donde:

Y_{ijklm} = es la m-ésima observación de la población de nematodos

μ = es la media general

τ_i = es el efecto del i-ésimo tratamiento

$\delta_j(\tau_i)$ = es el efecto de la j-ésima unidad experimental dentro del i-ésimo tratamiento (error a)

$\theta_k(\delta_j * \tau_i)$ = es el efecto de la k-ésima sub-muestra dentro de la j-ésima unidad experimental e i-ésimo tratamiento

ϕ_l = es el efecto del l-ésimo muestreo

$\tau_i * \phi_l$ = es el efecto de la interacción entre el i-ésimo tratamiento con el l-ésimo muestreo

ε_{ijklm} = es el error aleatorio (error b)

Se realizaron contrastes ortogonales para comparar entre tratamientos orgánicos naturales vs orgánicos sintéticos, tratamientos orgánicos naturales vs testigo y tratamientos orgánicos químicos vs testigo para determinar diferencias entre poblaciones de nematodos

Para las comparaciones entre medias la prueba de t de todos contra todos con $P < 0,05$.

Figura 8. *Distribución de los tratamientos*

T0 R3	T3 R1	T0 R2
T2 R1	T1 R2	T1 R1
T3 R2	T2 R2	T4 R1
T4 R3	T4 R2	T3 R3
T1 R3	T0 R1	T2 R3

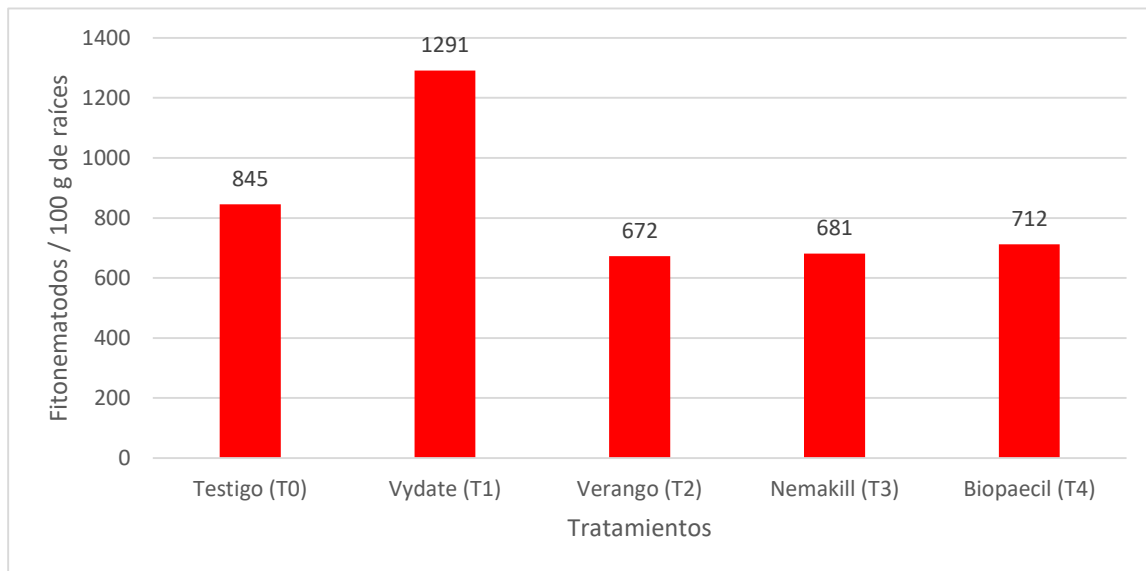
Figura 9. *Plantas por repetición, tomando muestras de 2 plantas por subparcela*

64	73	75
58	71	62
68	74	70
50	61	56
67	60	75

Resultados

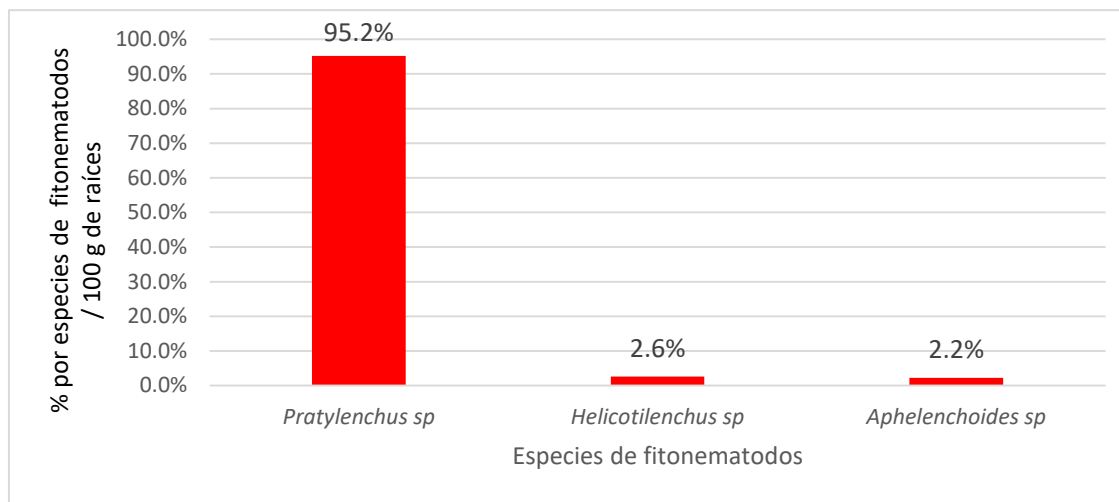
En los conteos de fitonematodos en las raíces de plantas de plátano (AAB), antes de la aplicación de los tratamientos, las cantidades y especies por tratamiento fueron así:

Figura 10. Promedio de fitonematodos en muestras de 100 g de raíces en todas las subparcelas antes de aplicar los tratamientos



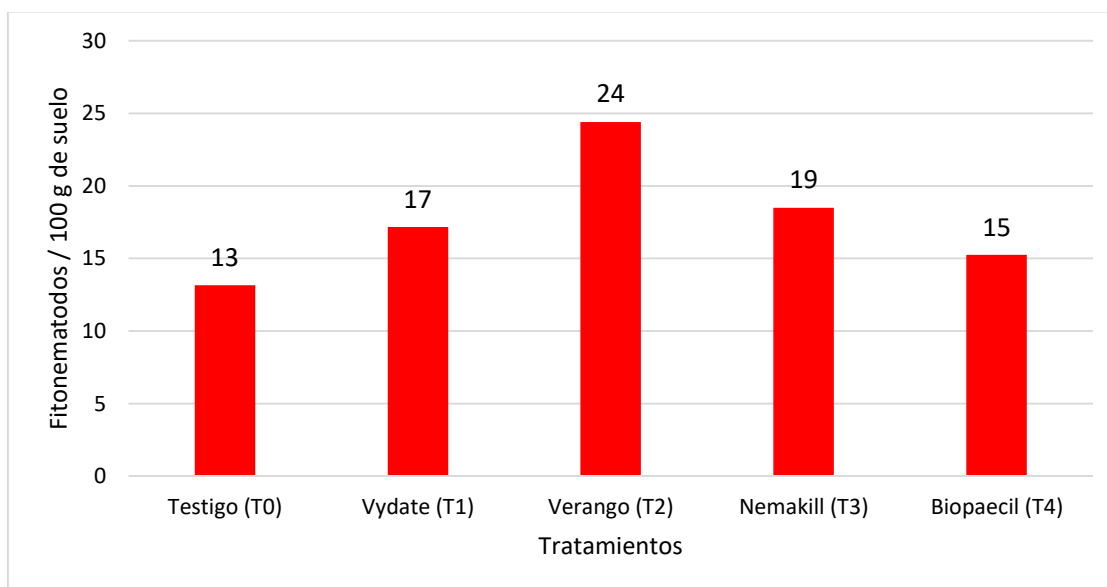
La mayor proporción de nematodos por 100 gramos de raíces de plátano Musa AAB antes de la aplicación de los tratamientos se reportó en las subparcelas a tratar con el nematicida tratamiento Vydate (T1) con el 31%, luego las del Testigo (T0) con el 20%, seguidamente las subparcelas de Biopaecil con el 17%, NemaKill y Verango, ambas con 16% (Figura 10).

Figura 11. % de fitonematodos por especie en raíces en todas las subparcelas antes de aplicar los tratamientos.



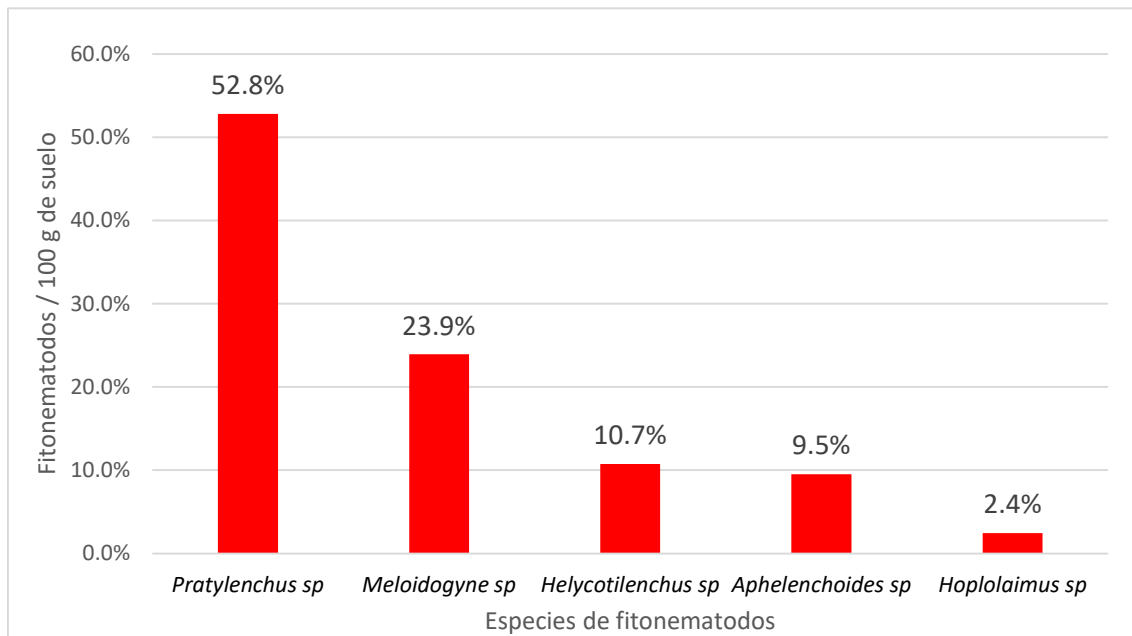
En las muestras de raíces, la distribución de porcentajes, por especie de fitonematodos fue así: *Pratylenchus sp.* 95.2%, *Helicotylenchus sp.* 2.6% y *Aphelenchoides sp.* 2.2%. No se detectaron especímenes de *Radopholus similis* (Figura 11)

Figura 12. Población de fitonematodos en 100 g de suelo en todas las subparcelas antes de los tratamientos



En el conteo de fitonematodos en suelos extraídos de las subparcelas, las proporciones porcentuales fueron así: Verango 28%, NemaKill 21%, Vydate 19%, Biopaecil 17% y el Testigo con el 15% (Figura 12)

Figura 13. % de fitonematodos por especie en suelos en todas las subparcelas antes de aplicar los tratamientos.



En las muestras de suelo, la distribución de porcentajes por especie de fitonematodos fue: *Pratylenchus sp.* 52.8%, *Meloidogyne sp.* 23.9%, *Helicotylenchus sp* 10.78%, *Aphelenchoides sp.* 16.5% y *Hoplolaimus sp.* 1.3%. No se detectaron especímenes de *Radopholus similis* (Figura 13)

Los resultados de los análisis de varianza para el control de nematodos en 100 gramos de raíces y 100 gramos de suelo se presentan a continuación.

4.1. Control de Fitonematodos en Raíces

Los cuadrados medios del análisis de varianza Tipo III del efecto de los tratamientos en el control de nematodos en 100 gramos de raíces de plátano (MUSA AAB) se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Cuadrados medios del análisis de varianza Tipo III del número de nematodos por 100 gramos de raíces de plátano (MUSA AAB).

Fuentes de variación	Grados de libertad	Cuadrados Medios
Tratamientos	4	431029,804**
Rep (Trt)	10	132897,608
Muestreo	3	2107790,344**
Tratamientos x Muestreo	12	143080,837 ^{ns}
Error	90	132476,500
Contrastes ortogonales:		
Químicos vs Orgánicos	1	1001,042 ^{ns}
Testigo vs Químicos	1	787508,340**
Testigo vs Orgánicos	1	834025,563**
CV, %	72,5	

*P<0,05

**P<0,01

ns= no significativo

El efecto promedio de los tratamientos sobre del control de nematodos fue altamente significativo (P<0,05) al tomar el efecto Rep(Trt) como término correcto de error experimental (Cuadro 1). Además, el efecto promedio de los muestreos también resultó altamente significativo (P<0,01), más no así para el efecto promedio de la interacción

tratamientos x muestreos ($P > 0,05$). La alta heterogeneidad de las unidades de muestreo se manifiesta a través del coeficiente de variación, el cual resultó en un 72,5%. Así se pudo detectar las diferencias significativas entre los efectos de tratamientos y muestreos.

Al comparar los efectos promedios de controles químicos *versus* controles orgánicos, el análisis por contrastes ortogonales resultó en diferencias no significativas ($P > 0,05$); sin embargo, al comparar los efectos promedios del Testigo (T0) *versus* controles químicos y controles orgánicos sus diferencias resultaron ser altamente significativos ($P < 0,01$, Cuadro 1).

Las medias ajustadas de la cantidad de nematodos presentes por 100 gramos de raíces de plátano Musa AAB se presentan en el Cuadro 2. El error estándar para estas medias ajustadas es de $\pm 74,41$ nematodos.

Cuadro 2. Medias ajustadas por mínimos cuadrados del número de nematodos por 100 gramos de raíces de plátano (MUSA AAB) por Tratamientos.

Tratamientos	Medias ajustadas ¹
T2 (Verango 50 SC)	343.21 ^a
T3 (Nemakill)	409.12 ^{ab}
T4 (Biopaecil)	498.08 ^{abc}
T1 (Vydate 24 SL)	576.92 ^{bc}
T0 (Testigo)	681.92 ^c

¹Medias ajustadas con la misma letra no difieren entre sí al 5% de probabilidad de acuerdo con la prueba de t ($H_0: \mu_i = \mu_j$).

De acuerdo con el **Cuadro 2**, el menor número de fitonematodos por 100 gramos de raíces de plátano Musa AAB, fue en Verango (T2), el cual mostró el mejor control de fitonematodos con 343,21 en promedio, superando significativamente ($P < 0.05$) al Testigo (TO) en un -49,7%. Sin embargo, al comparar el Verango (T2) con el Nemakill (T3)

(diferencia de -19,2%) no se encontraron diferencias significativas ($P>0,05$), tampoco con el Biopaecil (T4) con diferencia de -45,1%, pero si difirió ($P<0,05$) del Vydate (T1) con diferencia de -68,1%. Por otro lado, la diferencia entre T1 (Vydate) comparado con el T0 (testigo) no fue significativa ($P>0,05$) (-15,4%).

El **Cuadro 3** muestra una tendencia a disminuir el número de nematodos en la raíz del plátano Musa AAB a medida que avanzan los días de muestreo. Las medias ajustadas del número de nematodos presentes en 100 gramos de raíz tuvieron un error estándar de ± 66.45 nematodos.

Cuadro 3. *Medias ajustadas por mínimos cuadrados del número de nematodos por 100 gramos de raíz, por día de muestreo en las raíces de plátano (MUSA AAB).*

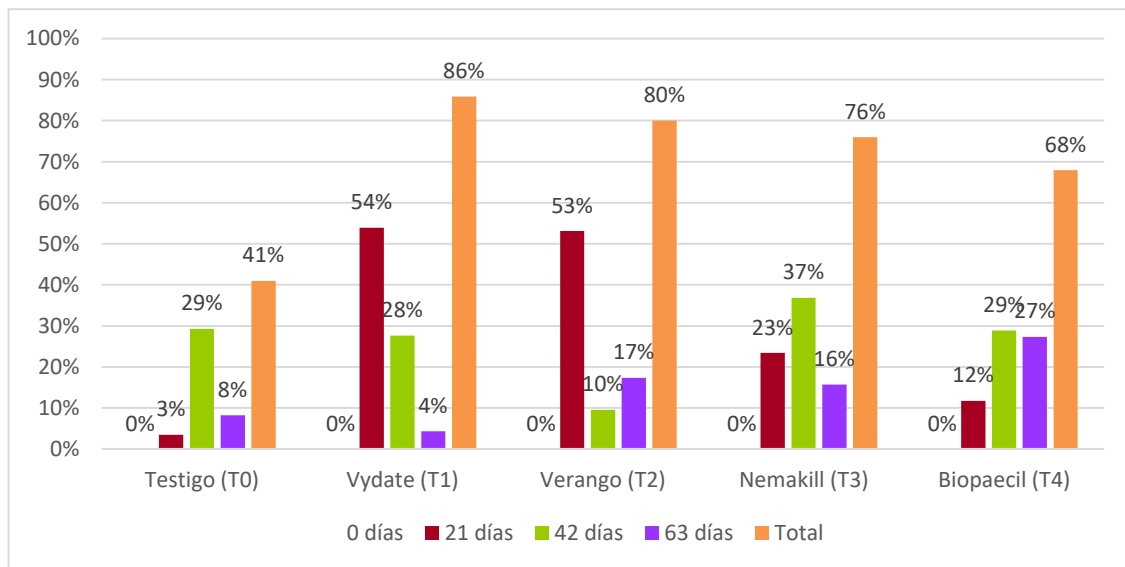
Muestreos, días	Medias ajustadas¹
0 Inicial	840,43 ^a
21	575,23 ^b
42	350,17 ^{cd}
63	241,57 ^d

¹Medias ajustadas con la misma letra no difieren entre sí al 5% de probabilidad de acuerdo con la prueba de t ($H_0: \mu_i = \mu_j$).

El promedio del número de nematodos por 100 gramos de raíces previo a la aplicación de los tratamientos fue de 840,43 nematodos en el día inicial (Cuadro 3), superando significativamente a los siguientes días de muestro ($P<0,05$). Tomando como base el día Inicial, a los 21 días post-aplicación la población disminuyó en un -31,6% ($P<0,05$), luego a los 42 días disminuyó en un -58,3% ($P<0,05$) y al final de la evaluación en campo a los 63 días disminuyó en un -71,3% ($P<0,05$). La disminución de nematodos en 100 gramos de raíces entre los días 42 y 63 fue significativa ($P>0,05$) de -31,0%.

El efecto de la interacción entre tratamientos x muestreo no resultó significativa ($P>0.05$), las tendencias de la disminución de la población de nematodos en 100 gramos de raíces por Tratamiento se muestran en la Figura 12.

Figura 14. % de mortalidad de fitonematodos en muestras de raíces pos tratamientos cada 21 días



El Vydate (T1) mostró un efecto nematocida más pronunciado en comparación con los otros tratamientos y el Testigo (T0). A los 21 días, con el Vydate (T1) la población de nematodos bajó en -53,8%, a los 63 días el número de nematodos por 100 gramos de raíz cayó en un -85,8% con respecto a la población inicial, siendo el efecto más pronunciado ($P<0.05$, Figura 13). El Biopaecil (T4) inició con 712 nematodos por 100 gramos de raíces y a los 63 días mostró una población de 228 nematodos (-68.0%). Le siguió el NemaKill (T3) que inició con 681 nematodos por 100 gramos de raíces y a los 63 días se encontró una población de 164 nematodos (-76,0%). El control con Verango (T2) inició con la más baja población con 672 nematodos por 100 gramos de raíces mostró una rápida caída a los 21

días con -53,2% para posteriormente terminar a los 63 días con la más baja población de nematodos (134 nematodos por 100 gramos de raíces), fue la segunda mayor disminución porcentual con -80,0%. El Testigo, siendo el segundo tratamiento con mayor población de nematodos (845 nematodos por 100 gramos de peso de raíces), a partir de los 21 días, siempre mantuvo la mayor población de nematodos en las raíces en el resto del tiempo de evaluación, disminuyendo en un -41,0% desde el inicio hasta el final del experimento.

2.- Control de fitonematodos en el suelo

Los cuadrados medios del análisis de varianza Tipo III del efecto de los tratamientos y tiempo de muestreo en el control de nematodos en el suelo se presentan en el Cuadro 4. Debido a que los datos no tuvieron una distribución normal (alto coeficiente de variación) se procedió a analizar los datos en la escala logarítmica en base 10.

Cuadro 4. Cuadrados medios del análisis de varianza Tipo III del número de nematodos en el suelo en la escala actual y con transformación logarítmica en base 10.

Fuente de variación	g.l.	Cuadrados medios	
		Escala actual	Escala logarítmica
Tratamientos (Trt) ¹	4	49,471 ^{ns}	3,449**
Rep(Trt)	10	58,167	0,551
Muestreo	3	1024,244**	8,248**
Tratamientos x Muestreo	12	88,293 ^{ns}	1,098*
Error	90	80,611	0,555
Contrastes ortogonales:			
Químicos vs Orgánicos	1	61,760 ^{ns}	5,829**
Testigo vs Químicos	1	166,840 ^{ns}	10,036**
Testigo vs Orgánicos	1	42,250 ^{ns}	0,432 ^{ns}
CV, %		93,5	40,5

¹Rep(Trt) es la fuente del error para la prueba de F.

**P<0,01

ns = no significativa

De acuerdo con el **Cuadro 4**, en la escala actual, solamente el efecto de muestreo sería significativo ($P < 0,05$); sin embargo, con la transformación logarítmica el escenario de análisis cambió. La transformación logarítmica ajustó los datos a una distribución normal y esto se refleja al reducir el CV de 93,5% a 40,5%. Basado en la transformación logarítmica base 10, el efecto promedio de los Tratamientos sobre del control de nematodos resultó altamente significativo ($P < 0,01$) tomando el efecto Rep(Trt) como término correcto del error experimental. Además, el efecto promedio de los Muestreos resultó altamente significativo ($P < 0,01$), pero significativa fue reportada la interacción Tratamientos x Muestreos ($P < 0,05$). Tal como se señaló anteriormente, el coeficiente de variación fue de 40,5% y aún esta alta variación es el producto de la variabilidad encontrada entre las unidades experimentales (heterogeneidad), lo que pudo haber dificultado la detección de diferencias significativas entre los efectos de Tratamientos y de la interacción Tratamiento x Muestreo en la escala actual.

Basado en las comparaciones estadísticas ortogonales de los tratamientos (Cuadro 4) y con la transformación logarítmica se encontraron diferencias altamente significativas ($P < 0,01$) al comparar los efectos promedios de controles químicos versus los efectos promedios de los controles orgánicos y efectos promedios del Testigo versus los efectos promedios de los controles químicos. Para el contraste de los efectos promedios del Testigo versus los efectos promedio de los tratamientos orgánicos hubo una tendencia a la significancia con $P < 0,11$.

Las medias ajustadas de la cantidad de nematodos presentes en el suelo en la escala actual y logarítmica se presentan en el **Cuadro 5**. El error estándar para estas medias ajustadas en la escala actual es de $\pm 1,557$ nematodos para los cinco tratamientos y en la

escala logarítmica es $\pm 0,152$, esto debido a que el diseño fue balanceado. La discusión se basa en los valores transformados y los valores en la escala logarítmico están en paréntesis.

Cuadro 5. *Medias actuales y transformadas en logaritmo base 10 ajustadas por mínimos cuadrados por tratamiento del número de nematodos en suelo.*

Tratamientos	Medias ajustadas en escala actual	Medias ajustadas en escala logarítmica ¹
T1 (Vydate) 3	11,542	1,667 ^{b ab}
T2 (Verango) 1	7,833	1,302 a
T3 (Nemakill) 2	8,792	1,860 ^{ab b}
T4 (Biopaecil) 4	9,417	2,094 ^{ab b}
T0 (Testigo) 5	10,417	2,276 ^{a bc}

¹Medias ajustadas con la misma letra no difieren entre sí al 5% de probabilidad de acuerdo con la prueba de t (Ho: $\mu_i = \mu_j$) basada en la sentencia LSMEANS TRT/S P de SAS®.

De acuerdo con el Cuadro 5, el menor número de fitonematodos presentes en el suelo, se encontró en el Verango (T2) con 1,302 (7,833 nematodos), y superó significativamente ($P < 0.05$) al resto de los tratamientos. Por otra parte, el tratamiento Testigo (T0) presentó el mayor número de nematodos en el suelo con 2,276 (10,417 nematodos), pero no difirió significativamente ($P > 0,05$) del Biopaecil o T4 con 2,094 (9,417 nematodos) y Nemakill o T3 con 1,860 (8,792 nematodos).

Cuadro 6. *Medias actuales y transformadas en logaritmo base 10 ajustadas por mínimos cuadrados por días de muestreo del número de nematodos en el suelo.*

Muestreos, Días	Medias ajustadas en escala actual	Medias ajustadas en escala logarítmica ¹
0 Inicial	17,933	2,550
21	9,067	1,809 ^a
42	6,767	1,709 ^a
63	4,633	1,290

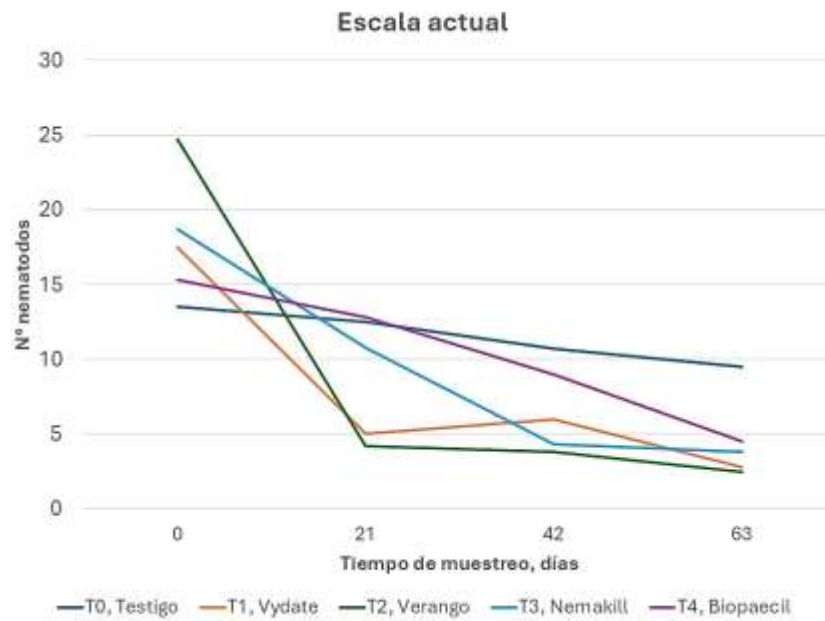
¹Medias ajustadas con la misma letra no difieren entre sí al 5% de probabilidad de acuerdo con la prueba de t (Ho: $\mu_i = \mu_j$) basada en la sentencia LSMEANS TRT/S P de SAS®.

El **Cuadro 6** muestra una tendencia a disminuir el número de nematodos en el suelo a medida que avanzan los días de muestreo. Las medias ajustadas del número de nematodos presentes en el suelo tuvieron un error estándar de $\pm 1,639$ nematodos en la escala actual y $\pm 0,136$ en la escala logarítmica y es así por lo balanceado del diseño estadístico.

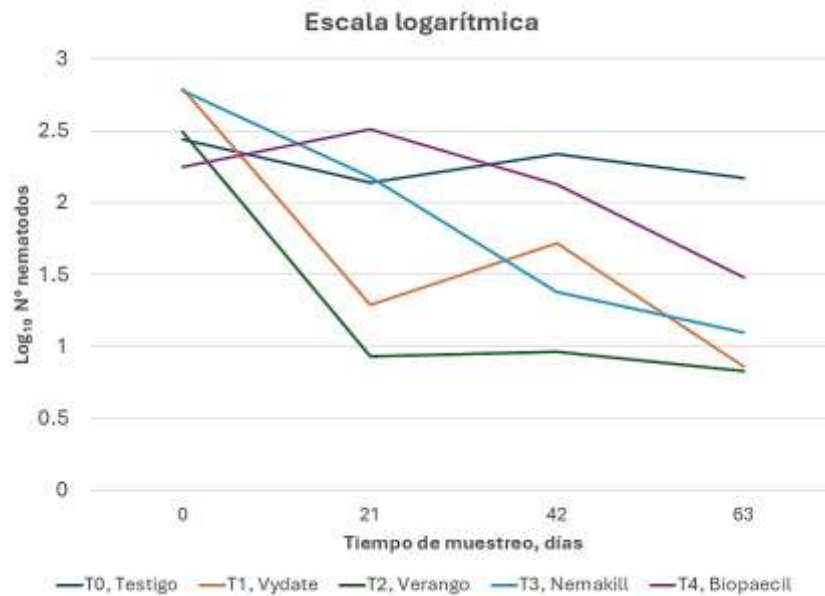
El promedio del número de nematodos en el suelo previo a la aplicación de los tratamientos fue de 2,550 en la escala logarítmica (17,933 en escala actual) (Cuadro 6). A los 21 días post-aplicación la población disminuyó en un -29.06% ($P < 0.05$) en la escala logarítmica, luego a los 42 días disminuyó en un -32,98% ($P < 0.05$) con respecto al inicio y al final de la evaluación en campo a los 63 días disminuyó en un -49,41% ($P < 0.05$). En la escala actual la media de nematodos en el suelo disminuye en 49,4% a los 21 días, en 62,26% y a los 42 días y en 74,16% a los 63 días.

El efecto de la interacción entre Tratamientos x Muestreo no resultó significativa ($P > 0.05$), en la escala actual (Gráfica 1), pero si lo fue ($P < 0,05$) en la escala logarítmica (Gráfica 2).

Gráfica 15. Número de nematodos en suelos por tratamiento y día de muestreo en la escala actual.



Gráfica 16. Número de nematodos en suelos por tratamientos y día de muestreo en la escala logarítmica.



La Gráfica 15 muestra la tendencia a disminuir el número de nematodos en la escala actual. Estas tendencias se observan en forma descendente y no se semejan las interacciones entre tratamientos y los días de muestreo. En la Gráfica 16 si se aprecia claramente una interacción entre los tratamientos y los días de muestreo, principalmente en el T1, T4 y T0 por el cambio de dirección ($P < 0,01$). Sin embargo, en ambas Gráficas se observa que la menor reducción en el número de nematodos en el tiempo se da en el Testigo (T0) y la más drástica reducción se da en el tratamiento con Verango (T2). La efectividad en la disminución del número de nematodos en función del tiempo, en ambas gráficas, se mantiene en el orden de T4, T3 y T1. Para mejor comprensión se recomienda observar la Gráfica 15 y estadísticamente la Gráfica 16

III. Conclusiones y Recomendaciones

1. Conclusiones

Con los datos obtenidos podemos concluir que:

- Los nematicidas orgánicos sintéticos, Vydate 24 SL y Verango 50 SC, mostraron un mayor y más rápido efecto biocida sobre la población de los fitonematodos en las raíces y suelos que los productos orgánicos naturales, NemaKill 32 EC y Biopaecil 1 SC
- Los nematicidas NemaKill y Biopaecil, producto botánico y biológico respectivamente, disminuyeron las poblaciones de fitonematodos, en raíces y suelos, con menor celeridad, aunque ambos mostraron eficacia competitiva acumulada al final de la prueba por lo que pueden ser incluidos en los programas de control de fitonematodos en los cultivos de plátanos de la región siguiendo las recomendaciones de los fabricantes.

2. Recomendaciones

Basados en los resultados es posible hacer las siguientes recordaciones:

- Realizar más pruebas de campo bajo diferentes condiciones edafoclimáticas y variados nematocidas orgánicos naturales para recopilar datos que apoyen el desarrollo de estrategias de manejo de la población de fitonematodos en el cultivo de plátano tendientes a disminuir la aplicación de nematocidas orgánicos sintéticos por sus afectaciones a otras formas de vidas no plagas, los riesgos a la salud de las personas que los manipulan, los residuos en las cosechas y el deterioro ambiental.
- Los dos nematocidas orgánicos naturales de esta prueba pueden ser incluidos, siguiendo las recomendaciones del fabricante, en el manejo integrado de los nematodos que atacan los cultivos de plátanos, cuando se justifique por lesiones típicas observadas en los cormos, raíces y hasta plantas desraizadas.

Bibliografía

- Agro Bayer de Costa Rica. (2021). Obtenido de https://www.agro.bayer.cr/es-cr/productos/product-details.html/nematicide/verango_50_sc.html
- Andrés, M. F. (2002). Estrategias en el control y manejo de nematodos fitoparásitos. Ciencia y Medio Ambiente - CCMA-CSIC. Obtenido de <http://digital.csic.es/bitstream/10261/128310/1/Estrategias%20en%20el%20control%20de%20nematodos%20fitopar%C3%A1sitos.pdf>
- Araya, M. (Enero de 1995). Efecto depresivo de ataques de *Radopholus similis* en banano (Musa AAA). (CORBANA, Ed.) ResearchGate, 4. Recuperado el Sept de 2017, de https://www.researchgate.net/publication/311208027_Efecto_depresivo_de_ataques_de_Radopholus_similis_en_banano_Musa_AAA
- Chitwood, D. J. (01 de 02 de 2002). Phytochemical based strategies for nematode control. Annual Review of Phytopathology, 40, 221. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/11234493_Phytochemical_Based_Strategies_for_Nematode_Control
- CORBANA. (Febrero de 2016). Corporación Bananera Nacional de Costa Rica. Obtenido de <https://www.corbana.co.cr/#:~:text=La%20Corporaci%C3%B3n%20Bananera%20Nacional%2C%20es,de%20la%20industria%20bananera%20internacional.>

Duarte Cueva, F. (2012). El control biológico como estrategia para apoyar las exportaciones agrícolas no tradicionales en Perú: un análisis empírico. (P. U. Perú, Ed.) Contabilidad y Negocios, 81-100.

Duwest. (Mayo de 2010). Obtenido de <https://duwest.com/latam/es/inicio>

Guzmán Piedrahita, Ó. A. (Julio - diciembre de 2011). El nematodo barrenador (*Radopholus similis* [Cobb] Thorne) del banano y plátano. (U. d. Caldas, Ed.) Revista Luna (33), 137 - 153. Recuperado el 2017, de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=321727235012>

Guzmán Piedrahita, Ó. A.; Castaño Zapata, J. (Junio de 2004). Reconocimiento de nematodos fitopatógenos en plátanos Dominico Hartón (*Musa AAB Simmonds*), África, FHIA-20 Y fhia-21 en la granja Montelindo, Municipio de Palestina (Caldas), Colombia. (ACCEFYN, Ed.) Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales: Volumen XXVIII, Número 107(XXVIII), 295-301. Obtenido de https://www.accefyn.com/revista/Vol_28/107/295-301.pdf

Khalil, M. S. y Selim, R. E. (2021). Journal of Plant Science. doi:10.29328/journal.jpsp.1001055

Kim, J. (Enero de 2016). Biological control of the Root-Knot Nematode (*Meloidogyne incognita*) The development of a nematocide fertilizer using natural products. Research Proposal .

- Laxmishree, C. y Nandita, S. (Diciembre de 2017). Botanical pesticides a major alternative to chemical pesticides: A review. (A. Chavhan, Ed.) *International J. of Life Sciences*, 5(4), 722-729. Obtenido de <http://oaji.net/articles/2017/736-1514997361.pdf>
- Lewis, K. A., Tzilivakis, J., Warner, D. y Green, A. (2017). Una base de datos internacional para la evaluación y gestión del riesgo de los plaguicidas. *An International Journal*, 22(4), 1050-1064. Obtenido de <https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/index.htm>
- Marcelino, L., González, V. y Ríos, D. (2010). Manual técnico El cultivo de plátano (*Musa paradisiaca* L.) en Panamá. (I. d. (IDIAP), Ed.) 47. Recuperado el 2017, de <https://chm.cbd.int/api/v2013/documents/05B386D2-5BCD-A52D-6097-F853803CC619/attachments/Cultivo%20de%20platanos%20musa%20paradisiaca.pdf>
- Ministerio de Desarrollo Agropecuario. (2017). Cierre Agrícola 2017. Panama.
- Moore, J., Tripp, B., Simpson, R. y Coleman, D. (Septiembre de 2012). Springtails in the Classroom Collembola as Model Organisms for Inquiry-Based Laboratories. *American Biology Teacher*, 62(7), 8. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/232680532_Springtails_in_the_Classroom
- Piedra Naranjo, R. (Enero - Marzo de 2008). Manejo biológico de nematodos fitoparásitos con hongos y bacterias. *Tecnología en Marcha*, 123-132.
- Pocasangre E., E. A. (2004). Manejo alternativo de fitonematodos en banano y plátano. México.

- Salazar G., C., Betancourth G., C. y Castillo M., Á. (2011). Efecto de controladores biológicos sobre el nematodo *Meloidogyne* spp en Lulo (*Solanum quitoense* Lam). *Revista de Ciencias Agrícolas*, 81-92.
- Salazar O., J., Arroyave H., N. A. y Aristizábal L., M. (2012). Evaluación de métodos de manejo de nematodos fitoparásitos en plátano (*Musa AAB*) Dominico Hartón. *Agron.* 20(1): 51, 63.
- Torrado Jaime, M. y Castaño Zapata, J. (2009). Incidencia de nematodos en plátano en distintos estados fenológicos. (F. d. Departamento de Fitotecnia, Ed.) *Agronomía Colombiana* (27(2)), 237 - 244. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/agc/v27n2/v27n2a12.pdf>